

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-050556

(43)Date of publication of application : 20.02.1996

(51)Int.Cl.

G06F 11/28  
G06F 9/46

(21)Application number : 06-183578

(71)Applicant : FUJITSU LTD

(22)Date of filing : 04.08.1994

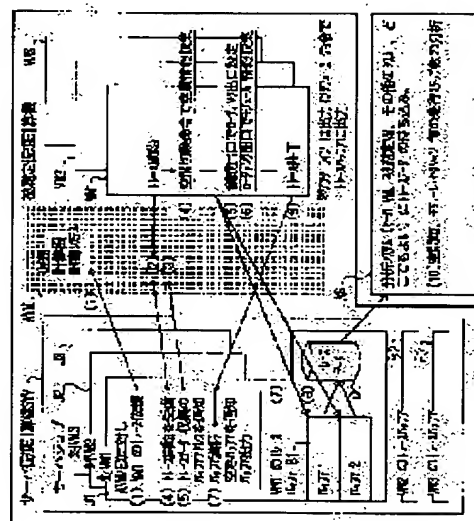
(72)Inventor : TAKEUCHI CHIKASHI  
IGUCHI YUJI  
MATSUSHIMA KATSUNORI

## (54) VIRTUAL COMPUTER SYSTEM

(57)Abstract:

**PURPOSE:** To enable the instruction trace of plural virtual computers and the collection of peculiar system information with minimum overhead while making an instruction trace mechanism independent for each virtual computer to be measured.

**CONSTITUTION:** This system is provided with a server virtual computer SVM for collecting the instruction trace data of plural virtual computers VM1 to VM3 to be measured and the peculiar system information and the server virtual computer SVM is provided with a virtual computer control system AVM and server jobs J1 to J3 equipped with an interface and started for each of plural virtual computers to be measured. Further, the plural virtual computers to be measured are provided with respectively correspondent trace buffers B1 to B3. The server jobs J1 to J3 receive the trace data of the virtual computers VM to VM3 from the virtual computer control system AVM, store those data in the respective trace buffers B1 to B3 to be measured and output them to an external medium.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 23.06.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3318121

[Date of registration] 14.06.2002

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

**BEST AVAILABLE COPY**

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-50556

(43) 公開日 平成 8 年 (1996) 2 月 20 日

(51) Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 6 F 11/28	3 1 0 A	7313-5B		
9/46	3 5 0	7737-5B		

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願平6-183578

(22) 出願日 平成 6 年 (1994) 8 月 4 日

(71) 出願人 000005223  
富士通株式会社  
神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地

(72) 発明者 竹内 史  
神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地  
富士通株式会社内

(72) 発明者 井口 裕次  
神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地  
富士通株式会社内

(72) 発明者 松嶋 雄典  
神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地  
富士通株式会社内

(74) 代理人 弁理士 京谷 四郎

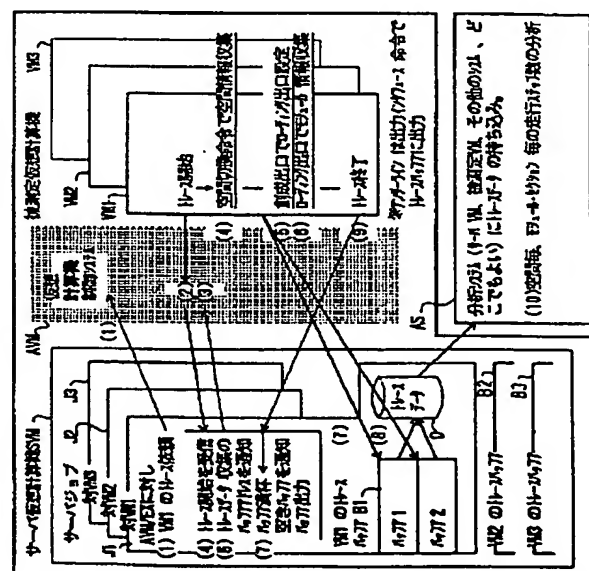
(54) 【発明の名称】 仮想計算機システム

# (57) 【要約】

【目的】 命令トレース機構を被測定仮想計算機毎に独立させ、複数の仮想計算機の命令トレース、システム固有情報の収集を最小のオーバ・ヘッドで可能とすること。

【構成】 複数の被測定仮想計算機 VM1～VM3 の命令トレースデータとシステム固有情報を収集するサーバ仮想計算機 SVM を設け、また、サーバ仮想計算機 SVM に、仮想計算機制御システム AVM とインタフェースを持ち複数の被測定仮想計算機毎に起動されるサーバジョブ J1～J3 を設け、さらに、複数の被測定仮想計算機にそれぞれ対応したトレースバッファ B1～B3 を設ける。サーバジョブ J1～J3 は仮想計算機制御システム AVM から仮想計算機 VM1～VM3 のトレースデータを受信して各被測定それぞれのトレースバッファ B1～B3 に蓄積し、外部媒体に出力する。

本発明の原理を説明する図



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 仮想計算機制御システム配下の仮想計算機の命令トレースおよびシステム固有情報の収集を行う仮想計算機システムにおいて、

複数の仮想計算機の命令トレースとシステム固有情報を収集するサーバ仮想計算機を設け、

また、上記サーバ仮想計算機に、複数の被測定仮想計算機にそれぞれ対応したトレースバッファを設け、

各仮想計算機のトレースデータを、それぞれのトレースバッファに蓄積することにより、複数の仮想計算機のトレースデータの収集を行うことを特徴とする仮想計算機システム。

【請求項 2】 第 1 および第 2 のトレースバッファを設け、一方のトレースバッファにトレースデータを出力している間に、他方のトレースバッファに蓄積されたトレースデータを外部媒体へ出力することを特徴とする請求項 1 の仮想計算機システム。

【請求項 3】 空間切り換えが発生するハードウェア命令実行時、制御レジスタ内の空間識別情報を収集し、トレースデータとして出力する機構を設けたことを特徴とする請求項 1 または請求項 2 の仮想計算機システム。

【請求項 4】 被測定仮想計算機に、空間が創成された時点で呼び出され、創成された空間にローディング完了出口を登録する第 1 の出口機能と、モジュールローディングが完了した時点でモジュール情報を記憶し、モジュール情報をレジスタに載せて、仮想計算機制御システムのインタフェースを利用してトレースデータとして出力する第 2 の出口機能とを設け、動的にローディングされるモジュール情報を収集することを特徴とする請求項 1、2 または請求項 3 の仮想計算機システム。

【請求項 5】 被測定仮想計算機に測定セットアップ・ジョブを設け、測定セットアップ・ジョブがトレース開始前に存在する空間のモジュール情報を管理テーブルに設定するとともに、ローディング完了出口を登録することを特徴とする請求項 4 の仮想計算機システム。

【請求項 6】 ハードウェア命令実行時のレジスタ情報をトレースデータとして出力する機構を設け、被測定仮想計算機上において、レジスタに、必要なシステムの固有情報が載っているとき、上記ハードウェア命令を実行することにより、必要なシステム固有情報を収集することを特徴とする請求項 1、2、3、4 または請求項 5 の仮想計算機システム。

【請求項 7】 仮想空間の切り換えを行うハードウェア命令を特定できない OS を具備する被測定仮想計算機を備えた仮想計算機システムにおいて、被測定仮想計算機でハードウェア命令が実行されたとき、切り換えられた空間の識別情報をトレースデータとして出力する機構を設け、

空間切り換え時に上記ハードウェア命令を実行すること

により出力される空間識別情報に基づき、各仮想空間毎のダイナミックステップ数を把握することとを特徴とする請求項 1、2、3、4、5 または請求項 6 の仮想計算機システム。

05 【請求項 8】 ファイルを識別する情報として可変長の識別名が使用される OS を具備する被測定仮想計算機を備えた仮想計算機システムにおいて、上記可変長の識別名に代え、ファイルの物理的な所在を示す固定長の識別子を用い、該固定長の識別子を蓄積することにより、メモリマップを作成する情報を確保することを特徴とする請求項 1、2、3、4、5、6 または請求項 7 の仮想計算機システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

15 【産業上の利用分野】 本発明は、仮想計算機制御システム配下の各仮想計算機における命令をトレースし、上記各仮想計算機上のシステムの固有情報を収集する仮想計算機システムに関する。

【0002】

20 【従来の技術】 図 9 は仮想計算機システムにおける命令トレースの仕組みを説明する図である。仮想計算機システムにおける命令トレースは、プログラム監視機能の一つであるプログラム・イベント・レコーディング（以下、PER 割り込み、という）という機構を利用して実

25 現される。  
【0003】 PER 割り込みには、主記憶装置からの命令読み出し事象があり、ハードウェアに PER 割り込みを設定するとき主記憶装置のアドレス範囲を指定しておく、その範囲内の命令実行後にプログラム割り込みが発生する。命令トレースは上記機構を利用して図 9 に示すように行われる。なお、PER 割り込みは仮想計算機制御システム自身が制御するわけではなく、仮想計算機制御システムが仮想計算機システムを実現するハードウェアに依頼して、PER 割り込みを制御する。

30 【0004】 図 9 において、命令トレースは次に示すように行われる。

① 通常は、仮想計算機制御システム A VM が一定の時間、CPU をその配下の仮想計算機の一つである仮想計算機 VM 1 に割り当て、仮想計算機 VM 1 のシステムが動作する。なお、仮想計算機 VM 1 が動作中、仮想計算機制御システム A VM は介在せず、時間経過の割り込みで仮想計算機制御システム A VM に制御が戻る。

② トレース開始指示があると、PER 割り込みを設定し、CPU を仮想計算機 VM 1 に割り当てる。以降、仮想計算機 VM 1 の命令が実行される都度、割り込みが発生し、仮想計算機制御システム A VM に制御が戻る。

【0005】 この時、仮想計算機制御システム A VM は割り込みを発生した命令、その他をトレース情報として出力する。

50 ③ トレース終了指示があると、仮想計算機制御システ

ムAVMは、PER割り込みを解除して通常の動作に戻る。

図10は上記した仮想計算機システムにおける従来の命令トレース機構を示す図であり、同図により従来の命令トレースについて説明する。なお、下記括弧付き数字は

#### (1) トレース開始準備

仮想計算機制御システムのスプールにおいて、命令トレースの対象となる自仮想計算機VM1のために使用されている部分を全て消去し、未使用域を生成する。なお、上記スプールとは、仮想計算機制御システム上に設けられた各仮想計算機からのリスト出力などを溜めておく領域であり、トレースデータを溜めて置く領域としても利用される。

#### (2) トレース開始を仮想計算機制御システムに指示する。

(3) 仮想計算機制御システムAVMはトレース指示があった仮想計算機VM1上の全命令をトレースデータとして、スプールに出力する。

(4) トレース終了後、スプール内の自仮想計算機VM1の出力だけを磁気テープ等にバックアップする。

【0006】そして、再度トレースする場合には、上記④から繰り返す。

(5) 続いて次の仮想計算機である仮想計算機VM2についてトレースを行う場合、トレース可能な量はスプールの残りの未使用域に格納できるだけのデータ量となる。そして、スプールが満杯になった時点でトレースは停止する。

#### 【0007】

【発明が解決しようとする課題】上記した従来の仮想計算機システムにおける命令トレース機構は次のような問題点を持っていた。

(a) スプールは、仮想計算機システム上に一つしかなく、全仮想計算機で共用されており、かつ、各仮想計算機の出力を削除しないと空きができない。これは、自仮想計算機の出力についても同じである。

【0008】このため、スプールが満杯となると以降の各仮想計算機の命令トレースを含めたリスト出力ができない。

(b) スプールは上記(a)のように全仮想計算機で共用されているので、トレース可能な量は、スプールの現未使用域に入るデータ量までとなる。

(c) 複数の仮想計算機をトレースすると、トレースデータをそれぞれの仮想計算機のスプール未使用域に出力していくことになる。このため、2台の仮想計算機が同時にトレースを開始すると、トレース開始時の未使用域の半分しかトレースデータを格納できず、また、n台の仮想計算機が同時にトレースを開始すると、トレース開始時の未使用域の1/nしかトレースデータを格納できない。

(d) 繰り返しトレースを行う場合には前トレース結果をスプールから磁気テープ等に吸い上げ、消去して行う必要がある。

【0009】特に、続けて命令トレースを行うと、トレースデータの何処から何処までが一回目で、何処から何処までが2回目であるかを切りわけるのが非常に負担となってくる。以上説明したように、従来の仮想計算機システムにおける命令トレース機構は全仮想計算機で共用される一つのスプールを測定結果のバッファとして使用しており、上記したようにスプールが満杯になったら測定を中止しデータ出力する必要がある。このため、スプールの大きさ、空き容量によって測定できるステップ数が限られているといった問題点があった。また、スプールが仮想計算機毎に割り当てられていないので、複数の仮想計算機の命令をトレースした場合には、測定結果を仮想計算機毎に切り分ける必要があるといった問題点があった。

【0010】また、上記問題点に加え、従来の仮想計算機システムにおいては、次のような問題点があった。

(1) 従来の仮想計算機制御システムにおいては、仮想計算機の空間切り換え命令を意識していなかったため、空間情報を収集することができず、仮想計算機制御システムによる命令トレース結果を空間毎に識別し、各空間毎に走行ステップ数を把握することができなかった。

(2) 従来の仮想計算機制御システムにおいては、測定中に空間が創成されたり、あるいは、モジュールがローディングされた等の情報を得る手段がなく、上記のように仮想計算機制御システムの命令トレース機構を利用した走行ステップ数の測定において、動的にローディングされるモジュール情報(アドレス・サイズ)の収集をすることができず、モジュール毎の正確なステップ数を把握することができなかった。

【0011】なお、従来において、測定中に動的にローディングされるモジュール情報の収集方法としては、一定時間間隔で全空間のモジュール情報をサンプリングする方法もあったが、サンプリング・タイミングのずれで、正確にローディング・モジュールの走行時間を把握することができなかった。また、モジュール情報収集のオーバーヘッドも大きく、さらに、被測定仮想計算機上でモジュール情報を収集するため、命令トレースデータ内にモジュール情報収集処理自身の走行ステップ数が含まれてしまい、これを測定データから除く補正処理をしきれない等の問題があった。

(3) 従来の仮想計算機制御システムにおいては、トレースデータにシステム固有の情報を出力したくても、特定のハードウェア命令でトレースデータに固有な情報を出力する仕組みがなかった。

【0012】このため、測定中に動的に変化する情報を被測定仮想計算機上で収集することとなり、収集しても収集処理自身が走行する命令がトレースされて無駄な命

令トレースデータが大量に収集されるといった問題点があり、事実上、収集を諦めていた。

(4) UNIX (商品名) のように、仮想空間の切り換えを行うハードウェア命令が特定できないOSにおいて (例えば、複数のハードウェア命令の組み合わせにより空間切り換えが行われる)、ダイナミック・ステップの計測手法は、プログラム・カウンタ情報 (命令アドレス、割り込みマスク、動作モード等のハードウェアがハードウェア命令の実行を制御する領域に関する情報) のみを蓄積し、計測終了後、メモリ・マップと照合し、関数毎にダイナミック・ステップを振り分ける手法であった。そして、その際、空間が切り換わったという情報およびどのメモリマップを使用すればよいかといった情報を採取していなかったため、空間毎にダイナミック・ステップを振り分けることができなかった。

【0013】但し、従来においても、OSの制御プログラム、あるいは、ユーザプログラムのいずれが走行しているかは、プログラム・カウンタ情報から判断ができるため、OSの制御プログラムについてのみ、ダイナミック・ステップをカウントすることが可能であった。

(5) ところで、メモリ・マップを実行可能ファイルのシンボル・テーブルから求めるUNIX (商品名) のようなOSにおいては、メモリ・マップを求めるために、どのファイルを使用するかを空間識別情報として採取しなければならない。また、UNIXシステムにおけるファイルの識別は、一般にパス名と言われるファイルに対応した名前で行われる。

【0014】そして、メモリマップ変更の情報を蓄積するときには、メモリマップ変更の箇所を蓄積する必要があるが、上記のようなOSにおいてはパスの長さは固定でなく、このため、蓄積するデータ量の増加を招く恐れがあった。本発明は上記した従来技術の問題点を解決するためになされたものであって、本発明の第1の目的は、命令トレース機構を被測定仮想計算機毎に独立させ、複数の仮想計算機の測定を可能とした仮想計算機システムを提供することである。

【0015】本発明の第2の目的は、空間切り換えが発生するハードウェア命令実行時、制御レジスタ内の空間情報を収集する機構を設け、空間切り換え以降に実行されるハードウェア命令を空間毎に分析することができる仮想計算機システムを提供することである。本発明の第3の目的は、動的にローディングされるモジュールの情報を収集し、各空間モジュール毎の走行ステップ数を把握することができる仮想計算機システムを提供することである。

【0016】本発明の第4の目的は、最小のオーバーヘッドでシステム固有の情報を命令トレースデータとして出力することができる仮想計算機システムを提供することである。本発明の第5の目的は、仮想空間の切り換えを行うハードウェア命令を特定できないOSを具備する被

測定仮想計算機において、仮想空間毎のダイナミック・ステップ数を把握することができる仮想計算機システムを提供することである。

【0017】本発明の第6の目的は、ファイルを識別する情報として可変長の識別名が使用されるOSを具備する被測定仮想計算機を備えた仮想計算機システムにおいて、可変長の識別名をファイルの物理的な所在を示す固定長の識別子に変換することにより、蓄積されるデータの増加を防ぐことができる仮想計算機システムを提供することである。

【0018】

【課題を解決するための手段】図1は本発明の原理構成図である。同図において、AVMは仮想計算機制御システム、V1～V3は被測定仮想計算機であり、命令トレースおよびシステム固有情報の収集の対象となる。SVMはトレースデータやシステムの固有情報を収集するサーバ仮想計算機であり、サーバ仮想計算機SVMは被測定仮想計算機の命令トレース情報等を受信し、外部媒体に出力する。

【0019】J1～J3はサーバ仮想計算機SVMのサーバジョブであり、サーバジョブJ1～J3は複数の被測定仮想計算機毎に起動され、トレースバッファB1、B2にトレースデータやシステムの固有情報を出力する。また、ASはトレースデータ、システムの固有情報に基づき分析を行う分析システムであり、分析システムは各サーバジョブJ1～J3に設けることもできる。

【0020】上記課題を解決するため、図1に示すように、本発明の請求項1の発明は、仮想計算機制御システム配下の仮想計算機の命令トレースおよびシステム固有情報の収集を行う仮想計算機システムにおいて、複数の仮想計算機の命令トレースとシステム固有情報を収集するサーバ仮想計算機を設け、また、上記サーバ仮想計算機に、複数の被測定仮想計算機にそれぞれ対応したトレースバッファを設け、各仮想計算機のトレースデータを、それぞれのトレースバッファに蓄積することにより、複数の仮想計算機のトレースデータおよびシステム固有情報の収集するように構成したものである。

【0021】本発明の請求項2の発明は、請求項1の発明において、第1および第2のトレースバッファを設け、一方のトレースバッファにトレースデータを出力している間に、他方のトレースバッファに蓄積されたトレースデータを外部媒体へ出力するように構成したものである。本発明の請求項3の発明は、請求項1または請求項2の発明において、空間切り換えが発生するハードウェア命令実行時、制御レジスタ内の空間識別情報を収集し、トレースデータとして出力する機構を設けたものである。

【0022】本発明の請求項4の発明は、請求項1、2または請求項3の発明において、被測定仮想計算機に、空間が創成された時点で呼び出され、創成された空間に

ローディング完了出口を登録する第 1 の出口機能と、モジュールローディングが完了した時点でモジュール情報を記憶し、モジュール情報をレジスタに載せて、仮想計算機制御システムのインタフェースを利用してトレースデータとして出力する第 2 の出口機能とを設け、動的にローディングされるモジュール情報を収集するように構成したものである。

【0023】本発明の請求項 5 の発明は、請求項 1, 2, 3 または請求項 4 の発明において、被測定仮想計算機に測定セットアップ・ジョブを設け、測定セットアップ・ジョブがトレース開始前に存在する空間のモジュール情報を管理テーブルに設定するとともに、ローディング完了出口を登録するように構成したものである。本発明の請求項 6 の発明は、請求項 1, 2, 3, 4 または請求項 5 の発明において、ハードウェア命令実行時のレジスタ情報をトレースデータとして出力する機構を設け、被測定仮想計算機上において、レジスタに、必要なシステムの固有情報が載っているとき、上記ハードウェア命令を実行することにより、必要なシステム固有情報を収集するように構成したものである。

【0024】本発明の請求項 7 の発明は、請求項 1, 2, 3, 4, 5 または請求項 6 の発明において、仮想空間の切り換えを行うハードウェア命令を特定できない OS を具備する仮想計算機の測定を行う際、データ、システム固有情報の収集をするため、被測定仮想計算機でハードウェア命令が実行されたとき、切り換えられた空間の識別情報をトレースデータとして出力する機構を設け、空間切り換え時に上記ハードウェア命令を実行することにより出力される空間識別情報に基づき、各仮想空間毎のダイナミックステップ数を把握するように構成したものである。

【0025】本発明の請求項 8 の発明は、請求項 1, 2, 3, 4, 5, 6 または請求項 7 の発明において、ファイルを識別する情報として可変長の識別名が使用される OS を具備する仮想計算機の測定を行う際、上記可変長の識別名に代え、ファイルの物理的な所在を示す固定長の識別子を使用し、該固定長の識別子を蓄積することにより、メモリマップを作成する情報を確保するように構成したものである。

【0026】

【作用】

(a) サーバ仮想計算機の機能

同図において、利用者は命令トレースに先立って、サーバ仮想計算機 SVM 上で被測定仮想計算機用のジョブ J 1 ~ J 3 を起動しておく。なお、被測定仮想計算機がマルチ CPU の場合には、サーバジョブ J 1 ~ J 3 に対して、命令トレースを行う CPU を指示しておくことで、CPU 毎のトレースが可能となる。

【0027】また、命令トレース結果を格納するバッファ B 1 ~ B 3 は、各サーバジョブ J 1 ~ J 3 が被測定仮

想計算機毎に用意するため、他の仮想計算機が同時測定を行っても相互に影響することなく、測定データ量の制約も生じない。命令トレースを行う際、サーバジョブ J 1 ~ J 3 は指示された仮想計算機 VM 1 ~ VM 3 のトレース情報を仮想計算機制御システム AVM からバッファ経由で受信し、これを外部媒体 D に格納する。また、各バッファ B 1 ~ B 3 は図 1 に示すようにそれぞれ 2 つ用意されており、書き込み／読み出しを切り換えながら利用される。

【0028】バッファ B 1 ~ B 3 が満杯になると空きバッファ通知があるまで、仮想計算機制御システム AVM が被測定仮想計算機 VM 1 ~ VM 3 のディスパッチを停止するので（被測定仮想計算機に実行権を与えないので）、データロストは発生しない。なお、上記のように、バッファ B 1 ~ B 3 の内容を外部媒体 D に出力する代わりにサーバジョブ J 1 ~ J 3 で直接分析することも可能であるが、分析する内容によっては、サーバジョブが分析に要する時間が命令トレースのオーバヘッドとなる場合があるので、単純分析をするか詳細分析をするか等の分析内容で使い分ける必要がある。

(b) 被測定仮想計算機の機能

命令トレース開始指示後の被測定仮想計算機 VM 1 ~ VM 3 で実行するハードウェア命令は仮想計算機制御システム AVM によりトレースされ、サーバジョブ J 1 ~ J 3 が用意したバッファ経由でサーバジョブ J 1 ~ J 3 に通知される。

【0029】この時、仮想計算機制御システム AVM にシステム固有の情報を命令トレースデータとして、サーバジョブに通知するインタフェースを構築し、被測定仮想計算機 VM 1 ~ VM 3 のシステム固有情報をトレースデータとして出力する。トレースデータとしては、①ハードウェア命令情報、②割込み情報、③空間識別情報、④動的モジュール情報、⑤領域獲得／返却情報、⑥ジョブ情報などがある。

【0030】被測定仮想計算機は命令トレースされているため、システム固有情報出力のインタフェースおよびシステム固有情報の収集処理自身を最小の走行ステップで実現する必要がある。本発明においては、このためのシステム固有情報を出力する機構、システム固有情報の収集機構を構築した。なお、被測定仮想計算機上では、測定データから詳細な分析を行うための補助データの収集も測定中もしくは測定後に行っている。

(c) 分析機能

分析機能 AS は、サーバ仮想計算機で収集したトレースデータと被測定仮想計算機で収集した分析補助データを元に空間・モジュール・セクション毎に走行ステップ数を集計する。なお、分析機能が動作するシステムは任意のシステムでよい。

【0031】

【実施例】



A. 複数の仮想計算機の命令トレース機構および収集機構

仮想計算機制御システム配下の各仮想計算機における実行処理は各仮想計算機間で独立している。そこで、本実施例においては、仮想計算機制御システムやその配下の仮想計算機からの依頼により特定の仕事をを行うサーバ仮想計算機を設け、以下に示すように一つのサーバ仮想計算機により複数の仮想計算機の測定を可能とした。これにより、命令トレース機構も各被測定仮想計算機毎に独立したトレース機構とすることができる。

【0032】図2は本実施例を示す図であり、同図において、AVMは指示された仮想計算機の命令トレースを行う仮想計算機制御システム、SVMはサーバ仮想計算機であり、サーバ仮想計算機SVMは被測定仮想計算機の命令トレース情報等を受信し、これを後述する外部媒体に格納する。J1～J3は仮想計算機制御システムAVMとインタフェースを持ち後述する処理を行うサーバジョブであり、サーバジョブJ1～J3は各被測定仮想計算機に対応して設けられ、被測定仮想計算機毎に起動される。

【0033】VM1～VM3は命令トレース、および、後述するシステムの固有情報収集の対象となる仮想計算機、B1～B3は各仮想計算機VM1～VM3に対応して設けられたトレースバッファであり、トレースバッファはバッファ1、バッファ2の2つのバッファを持つ。また、DはDASDあるいは磁気テープ等からなる外部記憶媒体である。

【0034】本実施例においては、同図に示すようにサーバ仮想計算機SVM上に各仮想計算機VM1～VM3に対応したサーバジョブJ1、J2、J3を設け、これらのサーバジョブが各被測定仮想計算機の命令トレースを行う環境を構築して情報収集を行う。これにより一つのサーバ仮想計算機SVMで複数の仮想計算機の測定が可能となる。

【0035】次に上記したサーバジョブのよる命令トレース処理について説明する。なお、同図における括弧付き数字(1)、(2)、…は下記括弧付き数字に対応している。

- (1) サーバジョブJ1は測定対象となる仮想計算機VM1を仮想計算機制御システムAVMに通知する。
- (2) 仮想計算機制御システムAVMは測定対象となる仮想計算機VM1の測定環境を作成する。
- (3) 被測定仮想計算機VM1はトレース開始を指示する。
- (4) 仮想計算機制御システムAVMはサーバジョブJ1にトレース開始指示があったことを通知する。
- (5) サーバジョブJ1は仮想計算機VM1のトレースバッファを確保し、バッファアドレス、サイズを仮想計算機制御システムAVMに通知する。
- (6) 仮想計算機VM1は命令トレースを開始し、トレースデータは仮想計算機制御システムAVMを介して被測

定仮想計算機毎に設けられたトレースバッファB1に格納される。

(7) 以降、サーバジョブJ1はトレース終了を受信するまで上記処理を繰り返す。

- 05 【0036】また、サーバジョブJ1は仮想計算機制御システムAVMからトレースバッファB1の満杯通知を受けると、空きバッファを仮想計算機制御システムAVMに通知する。そして、満杯になったバッファのデータを外部記憶媒体Dに出力する。トレースバッファB1は
- 10 前記したように2つのバッファから構成されているので、トレースデータの格納とその出力は並行して行われる。

- 【0037】以上のように、本実施例においては、サーバ仮想計算機SVM上に各仮想計算機VM1～VM3に対応したサーバジョブJ1、J2、J3を設け、トレースデータを各仮想計算機VM1～VM3に対応したサーバジョブのトレースバッファに格納しているため、一つのサーバ仮想計算機SVMで複数の仮想計算機の測定が可能となり、また、従来例のようにバッファの容量による測定ステップ数の制約をなくすることができる。

B. 空間情報（システム固有情報）収集の機構および分析機能

被測定仮想計算機において空間切り換えが発生するハードウェア命令が実行されたとき、制御レジスタ内の空間識別情報（空間ID、プロセスID等）を収集すれば、それ以降に実行されるハードウェア命令を空間毎に分析することができる。

- 【0038】本実施例は、仮想計算機制御システムの命令トレース機構により、上記のように空間切り換えが発生する可能性があるハードウェア命令実行時に制御レジスタ内の空間識別情報を収集できるようにし、実行される空間を識別するようにしたものである。図3は上記した空間情報収集機構を説明する図であり、同図に示すように、被測定仮想計算機VMにおけるトレース開始後、
- 30 空間切り換えが発生する命令(2)(3)が実行されると、仮想計算機制御システムAVMは、制御レジスタ内の空間識別情報をサーバジョブのトレースバッファに出力する。

- 【0039】サーバジョブにおいては、上記した空間識別情報を受信して、命令(1)で収集した空間の走行命令、命令(2)で収集した空間の走行命令、命令(3)で収集した空間の走行命令を識別する。以上のように本実施例においては、仮想計算機制御システムに空間切り換えが発生するハードウェア命令が実行されたとき、制御レジスタ内の空間識別情報を収集する機構を設けているので、空間毎に走行ステップ数を把握することができる。

C. 動的にローディングされるモジュール情報の収集機構および分析機能

- 本実施例は、被測定仮想計算機上に、①空間を創成した時点で呼び出され、「現空間に下記②のローディング完
- 50



了出口ルーチンのアドレスを登録するルーチン（空間創成出口ルーチンという）」と、②モジュールのローディングが完了した時点で呼び出され、「モジュール情報を記憶し、モジュール情報をレジスタに載せてレジスタの内容をトレースバッファに格納する命令を発行するルーチン（ローディング完了出口ルーチンという）」を設け、動的にローディングされるモジュールの情報を収集するようにしたものであり、これにより、各空間のモジュール毎の走行ステップ数を把握することが可能となる。なお、上記空間創成出口ルーチンとローディング完了出口ルーチンにより達成される機能を出口機能という。

【0040】本実施例においては、次のようにしてモジュール情報が収集される。測定開始時点では、全空間の動的モジュール情報（リージョン・モジュール情報）を収集する。その際、全空間に対して、ローディング完了出口が登録される。すなわち、上記したローディング完了出口ルーチンを呼び出すアドレスが登録される。

【0041】測定中に新たに空間が創成された場合には、上記空間創成出口ルーチンが呼び出され、空間創成出口ルーチンにより、創成された空間に上記したローディング完了出口が登録される。そして、測定中、モジュールがローディングされた場合、ローディング完了出口ルーチンが呼び出され、ローディング完了出口ルーチンはローディングモジュールの情報を記憶する。記憶されたローディングモジュールの情報は仮想計算機制御システムとのインタフェースを利用してサーバジョブのトレースバッファに出力される。

【0042】図4は本実施例の動的モジュール情報の収集機構を説明する図であり、同図により本実施例の動的モジュール情報の収集機構について説明する。なお、同図における括弧付き数字(1), (2), …は下記括弧付き数字に対応している。

- (1) 被測定仮想計算機VMにおいてトレースを開始する。
- (2) 空間Aが新たに創成された場合、空間Aから空間創成出口ルーチンが呼び出される。その際、サーバジョブのトレースバッファには、空間切り替え情報が出力される。
- (3) 空間創成出口ルーチンは、創成された現空間Aにローディング完了出口を登録する。すなわち、前記したようにローディング完了出口ルーチンを呼び出すアドレスを登録する。その後、被測定仮想計算機VMにおいては、空間固有域の作成が行われ、サーバジョブのトレースバッファには、ローディングが完了するまでの間、空間創設のためのOSの走行ステップが出力される。
- (4) 空間Aでロードモジュールのローディングが完了した時点で、被測定仮想計算機において、ローディング完了出口ルーチンが呼び出される。
- (5) ローディング完了出口ルーチンは、ローディングさ

れたモジュール情報を記憶する。

- (6) ついで、ローディング完了出口ルーチンはモジュール情報をレジスタに載せ、BCR0, 1命令を発行する。BCR0, 1命令は上記レジスタの内容を出力するハードウェア命令であり、この命令を発行することにより、ローディングモジュール情報は仮想計算機制御システムAVMのインタフェースを利用して、サーバジョブのトレースバッファに出力される。

【0043】それ以降、被測定仮想計算機VMにおいてローディングモジュールが実行されると、サーバジョブのトレースバッファにはローディングモジュールの走行ステップが出力される。なお、上記した各出口ルーチンは、一回呼び出し当たり約3Kステップ走行する程度であり、また、モジュールローディング時および空間創成時のみ動作するため、測定中のオーバーヘッドは微小である。

【0044】図5はトレース開始時の静的モジュール、動的モジュール情報の収集機構を説明する図であり、測定開始以前に存在する空間については、次のような制御を行う。なお、図4と同様、同図における括弧付き数字(1), (2), …は下記括弧付き数字に対応している。

- (1) 被測定仮想計算機において、測定セットアップジョブを起動してSRBRスケジュールを行う。すなわち、SRBスケジュールにより、スケジュール先の空間A、Bにおいてプログラムを動作させアクティビティ処理を行わせる。
- (2) 空間A、Bにおいて、アクティビティは自空間のモジュール情報をモジュール情報管理テーブルに設定する。モジュール情報管理テーブルは被測定仮想計算機上で固有情報を保持するテーブルであり、このテーブルに登録された情報を基に、測定完了後、被測定仮想計算機上のシステム詳細情報が収集される。
- (3) ついで、上記アクティビティにおいて、ローディング完了出口が登録される。
- (4) 測定セットアップジョブは全空間のアクティビティ終了後、モジュール管理情報テーブルの内容を外部媒体に出力する。なお、仮想計算機制御システムAVMの仮想計算機間通信機能やその他の通信機能を利用することにより、サーバ仮想計算機SVM上のサーバジョブに上記データを渡すこともできる。
- (5) 命令トレース開始後、モジュールのローディングが発生し、ローディングが完了すると、前記したようにローディング完了出口ルーチンが呼び出される。
- (6) ローディング完了出口ルーチンは前記したようにモジュール情報を記憶する。
- (7) 次いで、ローディング完了出口ルーチンは、前記したようにモジュール情報をレジスタに載せ、BCR0, 1命令を発行し、記憶されたモジュール情報を仮想計算機制御システムのインタフェースを利用してサーバジョブのトレースバッファに出力する。

【0045】以上説明したように、本実施例においては、空間を創成した時点で呼び出される出口機能と、モジュールのローディングが完了した時点で呼び出され出口機能を設けているので、最小のオーバーヘッドで、動的にローディングされるモジュールの情報を正確に収集することができ、各空間のモジュール毎の走行ステップ数を把握することが可能となる。

#### D. その他システムの固有情報の収集機構

上記C. においては、特定のハードウェア命令を用いて仮想計算機制御システムと被測定仮想計算機間でインタフェースを持つことにより、動的にローディングされるモジュールの情報を収集しているが、同様な機構を利用することにより、最小のオーバーヘッドでその他のシステム固有の情報を命令トレースデータとして出力することができる。

【0046】本実施例は上記のように、仮想計算機制御システムとハードウェア1命令でインタフェースを持ち、その命令実行時点のレジスタ情報を収集するようにしたものであり、本実施例においてその他システムの固有情報の収集は次のようにおこなわれる。すなわち、被測定仮想計算機はレジスタにシステム固有の情報が載っているときに、ハードウェア命令であるBCR0,1命令を発行し、必要な情報をサーバジョブのトレースバッファに出力する。

【0047】インタフェースのハードウェアを実行した人は、各レジスタに載っている情報の意味が判り、かつ、レジスタに載っている情報で他人が実行したインタフェースのハードウェア命令と判別することができるので、情報分析時、自分が実行したインタフェースのハードウェア命令のレジスタから必要情報を取り出し、各自が独自の分析をすることができる。

【0048】図6は本実施例のその他の固有情報の収集機構を示す図であり、本実施例においては、次のようにしてその他の固有情報が収集される。なお、前記と同様、同図における括弧付き数字(1), (2), ...は下記括弧付き数字に対応している。

- (1) 被測定仮想計算機VMにおいて命令トレースを開始する。これによりサーバジョブJのトレースバッファに命令トレースデータが出力される。
- (2) 被測定仮想計算機VM上で実行するハードウェア命令をサーバジョブSVMが用意したトレースバッファに出力する。
- (3) インタフェースのハードウェア命令を実行する。
- (4) 被測定仮想計算機VM上で実行されたハードウェア命令がインタフェース命令である場合には、その命令実行後(図6の )、レジスタ情報を収集する。
- (5) 被測定仮想計算機VM上で実行するハードウェア命令をサーバジョブJが用意したバッファに出力する。
- (6) ●時点のレジスタ情報などをサーバジョブJが用意したバッファに出力する。

#### E. 複数仮想空間のダイナミックステップ数の把握

前記したUNIXのように、仮想空間の切り換えを行うハードウェア命令を特定できないOSにおいても、OSの制御プログラム(カーネル)で仮想空間の切り換え等を行う際、上記D. に説明したインタフェースを用いて空間識別情報を採取することにより仮想空間毎のダイナミック・ステップ数を把握することが可能となる。

【0049】なお、上記のように仮想空間の切り換えを行うハードウェア命令を特定できないOSにおいては、前記B. に示した機構を用いることができないので、OSのプログラム側で同様な操作を行い、上記D. に示したインタフェースを用いることとなる。本実施例は上記のように、空間が切り換わる際、空間が切り換わったという情報と、どのメモリマップを使用すればよいかの情報(空間識別情報)を採取して、仮想空間の切り換えを行うハードウェア命令を特定できないOSにおいて複数仮想空間のダイナミックステップ数の把握できるようにしたものであり、本実施例を図7により説明する。

(1) 被測定仮想計算機VMにおいて、命令トレースが開始され、カーネル空間で命令が実行される。トレースデータは仮想計算機制御システムAVMを介してサーバ仮想計算機SVMのサーバジョブのトレースバッファに出力される。そして、プログラムカウンタ情報よりカーネル空間走行中であることが判断され、分析機能によりカーネル空間におけるモジュール毎のステップ数のカウントが行われる。

(2) 被測定仮想計算機VMにおいて仮想空間の切り換えが行われ、インタフェース命令が実行される。仮想計算機制御システムAVMはインタフェース命令により空間Aに関する識別情報を採取し、空間識別情報はサーバ仮想計算機SVMのトレースバッファに出力される。そして、被測定仮想計算機VMの空間Aにおけるトレースデータがサーバ仮想計算機SVMのトレースバッファに出力され、分析機能により、空間Aにおけるモジュール毎のステップ数がカウントされる。

【0050】被測定仮想計算機VMにおける空間Aの処理が終了し、カーネル空間に戻ると、プログラムカウンタ情報(PSW)からOSの制御プログラムが走行していることが判断され、分析機能においては、カーネル空間におけるモジュール毎のステップ数がカウントされる。

(3) 被測定仮想計算機VMにおいて、再び仮想空間の切り換えが行われ、上記と同様、仮想計算機制御システムAVMは空間Bに関する識別情報を採取し、空間Bにおけるモジュール毎のステップ数がカウントされる。また、被測定仮想計算機VMにおける空間Bの処理が終了し、カーネル空間に戻ると、プログラムカウンタ情報(PSW)からOSの制御プログラムが走行していることが判別され、カーネル空間におけるモジュール毎のステップ数がカウントされる。

【0051】以上のように、本実施例においては、前記したD. のインタフェースを用い、空間識別情報を採取しているので、仮想空間の切り換えを行うハードウェア命令を特定できないOSにおいて、複数仮想空間のダイナミックステップ数を把握することができる。

#### F. 空間識別情報の最適化

メモリマップを求めるためにどのファイルを使用するか、の情報を空間識別情報として採取しなければならないが、例えばUNIXのようなOSにおいては、ファイルの識別が一般にパス名と言われるファイルに対応した名前で行われており、パス名の長さは固定でない。

【0052】一方、UNIXシステムにおけるパス名は論理的に付けられた識別名であり、システム内部ではファイルの物理的な所在を示すメジャー番号、マイナ番号、iノード番号といわれる3種の識別子によりファイルを管理している。本実施例は、ファイルを識別する情報にパス名を使用せず、メジャー番号、マイナ番号、iノード番号の3種の識別子を蓄積することによりメモリマップを作成するようにしたものであり、これにより蓄積されるデータ量の増加を防ぐことができる。

【0053】すなわち、図8に示すように、UNIXにおけるプログラムAの識別名が「/usr/bin/sh」であり、また、プログラムBの識別名が「/usr/ccs/bin/cc」の場合、最後に終わりを示すヌルが入るため、それぞれ12byte、16byte必要であるが、メジャー番号、マイナ番号、iノード番号の3種の識別子を用いることにより、それぞれ12byte固定となる。

【0054】以上のように、本実施例においては、メジャー番号、マイナ番号、iノード番号の3種の識別子を用いているので、どのメモリマップを使用するか、の情報を蓄積する際のデータ量の増加を防ぐことができる。なお、上記したUNIXはX/Openカンパニーリミテッドがライセンスしている米国及び他の国における登録商標である。

#### 【0055】

【発明の効果】以上説明したように、本発明においては下記の効果を得ることができる。

① 請求項1の発明においては、複数の仮想計算機の命令トレースとシステム固有情報を収集するサーバ仮想計算機を設け、また、上記サーバ仮想計算機に、複数の被測定仮想計算機にそれぞれ対応したトレースバッファを設け、各仮想計算機のトレースデータを、それぞれのトレースバッファに蓄積することにより、複数の仮想計算機のトレースデータおよびシステム固有情報の収集するように構成したので、一つのサーバ仮想計算機で複数の仮想計算機の測定が可能となり、また、従来例のようにバッファの容量による測定ステップ数の制約をなくすることができる。

② 請求項2の発明においては、請求項1の発明において、第1および第2のトレースバッファを設け、一方の

トレースバッファにトレースデータを出力している間に、他方のトレースバッファに蓄積されたトレースデータを外部媒体へ出力するように構成したので、トレースデータを蓄積しながらトレースバッファのデータを外部媒体に出力することができ、バッファが満杯になってトレースデータを出力できなくなることを防止することができる。

③ 請求項3の発明においては、請求項1または請求項2の発明において、空間切り換えが発生するハードウェア命令実行時、制御レジスタ内の空間識別情報を収集し、トレースデータとして出力する機構を設けたので、空間毎に走行ステップ数を把握することができる。

④ 請求項4の発明においては、請求項1、2または請求項3の発明において、被測定仮想計算機に、空間が創成された時点で呼び出され、創成された空間にローディング完了出口を登録する第1の出口機能と、モジュールローディングが完了した時点でモジュール情報を記憶し、モジュール情報をレジスタに載せて、仮想計算機制御システムのインタフェースを利用してトレースデータとして出力する第2の出口機能とを設けたので、最小のオーバーヘッドで、動的にローディングされるモジュールの情報を正確に収集することができ、各空間のモジュール毎の走行ステップ数を把握することが可能となる。

⑤ 請求項5の発明においては、請求項1、2、3または請求項4の発明において、被測定仮想計算機に測定セットアップ・ジョブを設け、測定セットアップ・ジョブがトレース開始前に存在する空間のモジュール情報を管理テーブルに設定するとともに、ローディング完了出口を登録するように構成したので、トレース開始時の静的モジュール、動的モジュール情報を収集することができる。

⑥ 請求項6の発明においては、請求項1、2、3、4または請求項5の発明において、ハードウェア命令実行時のレジスタ情報をトレースデータとして出力する機構を設け、被測定仮想計算機上において、レジスタに必要なシステムの固有情報が載っているとき、上記ハードウェア命令を実行することにより、必要なシステム固有情報を収集するように構成したので、最小のオーバーヘッドでシステム固有の情報を収集することができる。

⑦ 請求項7の発明においては、請求項1、2、3、4、5または請求項6の発明において、仮想空間の切り換えを行うハードウェア命令を特定できないOSを具備する仮想計算機の測定を行う際、データ、システム固有情報の収集をするため、被測定仮想計算機でハードウェア命令が実行されたとき、切り換えられた空間の識別情報をトレースデータとして出力する機構を設け、空間切り換え時に上記ハードウェア命令を実行することにより出力される空間識別情報に基づき、各仮想空間毎のダイナミックステップ数を把握するように構成したので、仮想空間の切り換えを行うハードウェア命令を特定できな

い OS において、複数仮想空間のダイナミックステップ数を把握することができる。

⑧ 請求項 8 の発明においては、請求項 1, 2, 3, 4, 5, 6 または請求項 7 の発明において、ファイルを識別する情報として可変長の識別名が使用される OS を具備する仮想計算機の測定を行う際、上記可変長の識別名に代え、ファイルの物理的な所在を示す固定長の識別子を使用し、該固定長の識別子を蓄積しているため、どのメモリマップを使用するかを蓄積する際のデータ量の増加を防ぐことができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の原理を説明する図である。

【図 2】複数被測定仮想計算機の命令トレースおよび収集機構を示す図である。

【図 3】空間情報収集機構を示す図である。

【図 4】空間創成出口を利用した動的モジュール情報の収集機構を示す図である。

【図 5】トレース開始時の静的および動的モジュール情

報収集機構を示す図である。

【図 6】その他のシステム固有情報の収集機構を示す図である。

【図 7】空間毎のダイナミック・ステップの測定機構を示す図である。

【図 8】空間識別情報の最適化の手法を示す図である。

【図 9】従来の命令トレースの仕組みを説明する図である。

【図 10】従来のトレース機構を示す図である。

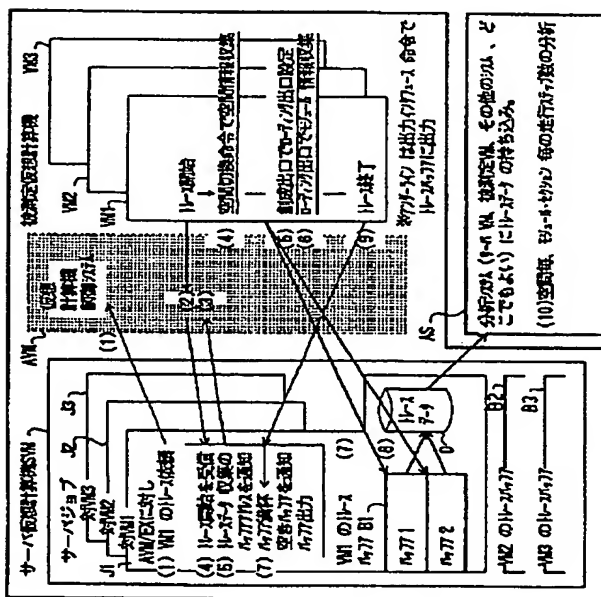
10 【符号の説明】

AVM	仮想計算機制御システム
SVM	サーバ仮想計算機
J1~J3	サーバジョブ
VM, VM1~VM3	被測定仮想計算機
B1~B3	トレースバッファ
D	外部記憶媒体である。
AS	分析システム

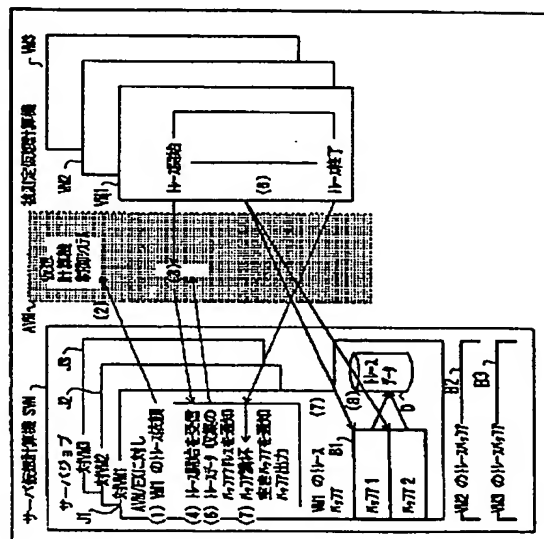
【図 1】

【図 2】

本発明の原理を説明する図



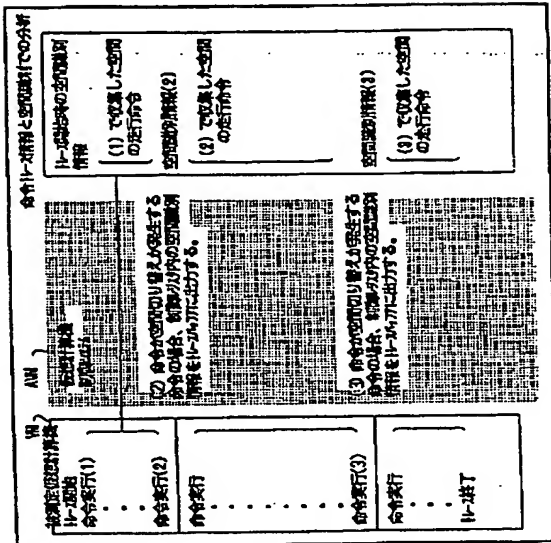
複数被測定仮想計算機の命令トレースおよび収集機構を示す図



BEST AVAILABLE COPY

【図 3】

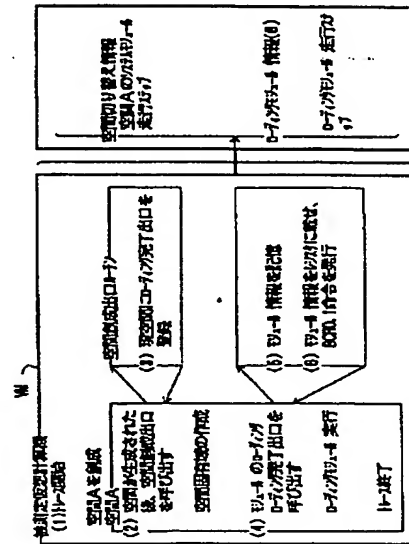
空間情報収集機構を示す図



【図 5】

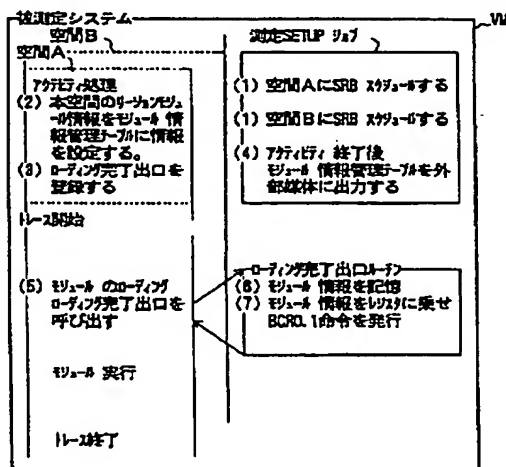
【図 4】

空間創成出口を利用した動的モジュール情報の収集機構を示す図

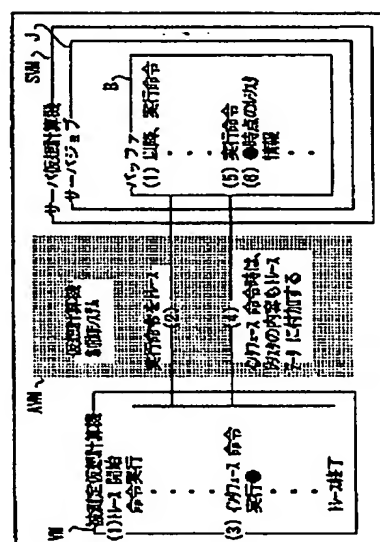


【図 6】

トレース開始時の静的および動的モジュール情報収集機構を示す図

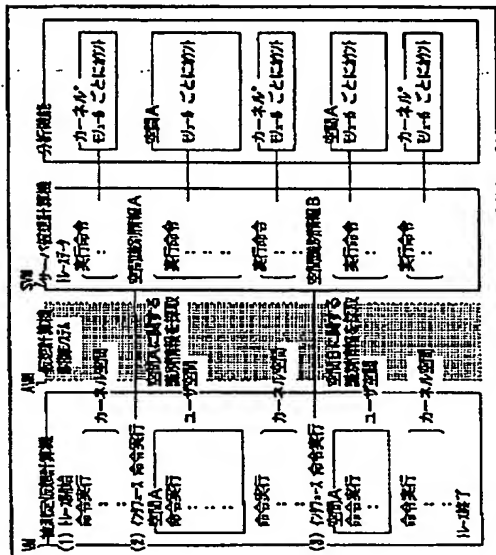


その他のシステム固有情報の収集機構を示す図



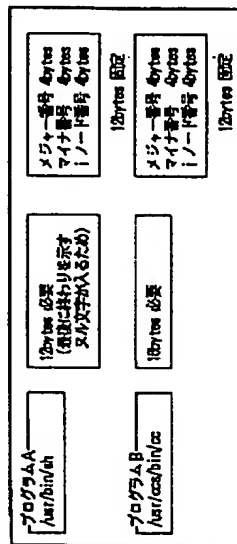
【図7】

空間毎のダイナミック・ステップの測定機構を示す図



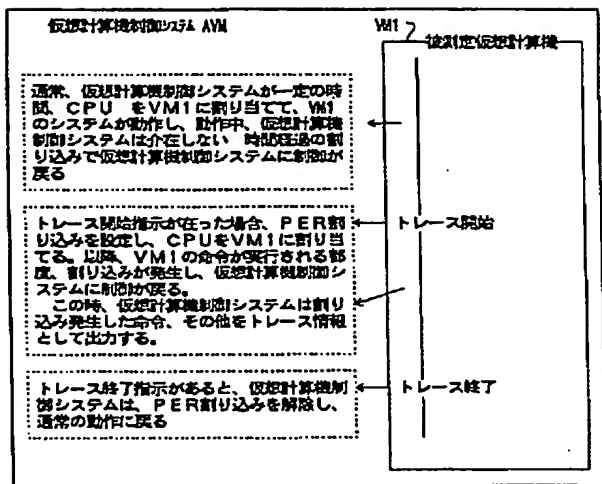
【図8】

空間識別情報の最適化の手法を示す図



【図9】

従来の命令トレースの仕組みを説明する図



【図10】

従来のトレース機構を示す図

